



TUGAS AKHIR – TM 145502 (KE)

# **PERBANDINGAN UNJUK KERJA MOTOR BRUSHLESS DIRECT CURRENT DENGAN BRUSHED DIRECT CURRENT PADA NOGOGENI URBAN KONSEP**

RIZKY AKBAR DWI APRESKO  
NRP 2114 030 091

Dosen Pembimbing  
DEDY ZULHIDAYAT NOOR, ST, MT, PhD  
NIP. 19751206 200501 1 002

PROGRAM STUDI DIPLOMA III  
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017



**TUGAS AKHIR - TM 145502**

# **PERBANDINGAN UNJUK KERJA MOTOR BRUSHLESS DIRECT CURRENT DAN BRUSHED DC PADA NOGOGENI URBAN KONSEP**

**RIZKY AKBAR DWI APRESCO**  
**NRP 2114 030 091**

**Dosen Pembimbing**  
**DEDY ZULHIDAYAT NOOR, ST, MT, PhD**  
**NIP. 19751206 200501 1 002**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III**  
**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI**  
**FAKULTAS VOKASI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA 2017**



**TUGAS AKHIR – TM 145502**

# **COMPARATION OF BRUSHLESS DIRECT CURRENT AND BRUSHED DIRECT CURRENT MOTOR PERFORMANCE IN NOGOGENI URBAN CONCEPT**

**RIZKY AKBAR DWI APRESKO  
NRP 2114 030 091**

**Counselor Lecturer  
DEDY ZULHIDAYAT NOOR, ST, MT, PhD  
NIP. 19751206 200501 1 002**

**DIPLOMA STUDY PROGRAM III  
INDUSTRIAL MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
FACULTY OF VOCATION  
INSTITUT TECHNOLOGY SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**

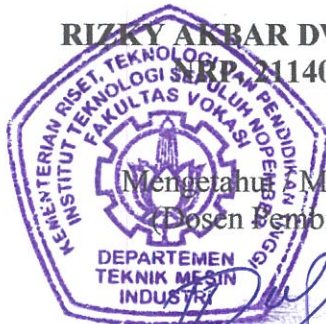
**PERBANDINGAN UNJUK KERJA MOTOR  
BRUSHLESS DC DENGAN BRUSHED DC PADA  
NOGOGENI URBAN KONSEP**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik Mesin  
Bidang Studi Konversi Energi  
Program Studi D-III Jurusan Teknik Mesin Industri  
Departemen Teknik Mesin Industri  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Oleh :

**RIZKY AKBAR DWI APRESKO**  
**NRP. 2114030091**



Mengetahui Menyetujui :  
(Dosen Pembimbing)

**Dedy Zulhidayat Noor ST, MT, PhD**  
**NIP. 19751206 200501 1 002**

**SURABAYA, JULI 2017**

# **PERBANDINGAN UNJUK KERJA MOTOR BRUSHLESS DC DENGAN BRUSH DC PADA NOGOGENI URBAN KONSEP**

**Nama Mahasiswa** : Rizky Akbar Dwi Apresco  
**NRP** : 2114 030 091  
**Jurusan** : Teknik Mesin Industri FV – ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dedy Zulhidayat Noor, ST, MT, PhD

## **Abstrak**

*Motor listrik merupakan sebuah mesin yang banyak aplikasi dalam hal sistem penggerak. Pastinya sebuah sistem penggerak tidaklah bisa sembarang dipakai untuk berbagai beban, sehingga dibutuhkan data mengenai performa dari sistem penggerak tersebut. Data – data tersebut akan dipadukan dengan beban penggerak untuk menghasilkan titik optimum kerja dari sebuah sistem penggerak. Sehingga diperlukannya suatu pengujian dari sistem penggerak. Objek dalam penelitian ini adalah dua jenis motor listrik yang terdapat di mobil Nogogeni, yaitu motor brushless DC dan brushed DC. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 3 pembebanan berupa lampu 10 Watt, 25 Watt dan 35 Watt dan dengan mevariasi kecepatan dimulai dari kecepatan beban lampu mulai menyala, hingga kecepatan maksimal, dengan perbedaan  $\pm 50$  rpm.*

*Dari pengujian didapatkan, pada motor BLDC memiliki efisiensi terbaik sebesar 83,29%, dengan menghasilkan daya sebesar 66,786 Watt pada kecepatan 332 rpm dan torsi 20,565 Nm. Pada motor BDC memiliki efisiensi terbaik sebesar 71,276% dengan menghasilkan daya sebesar 71,46 Watt pada kecepatan 328 rpm dan torsi 19,453 Nm*

**Kata Kunci : Motor Listrik, Motor BLDC, Motor BDC, Torsi, Kecepatan Angular, Performa, Efisiensi, Daya Output, Daya input, Dinamometer.**

# COMPARATION OF BRUSHLESS DC WITH BRUSH DC MOTOR PERFORMANCE ON NOGOGENI URBAN CONCEPT

**Student Name** : Rizky Akbar Dwi Apresco  
**NRP** : 2114 030 091  
**Department** : Industrial Mechanical Engineering  
FV - ITS  
**Counselor Lecturer** : Dedy Zulhidayat Noor, ST, MT, PhD

## Abstract

*The electric motor is a engine that many applications in terms of propulsion system. Certainly driving system can't be arbitrarily used for varieties of loads, so it takes data on the performance of the motor electric. The data will be combined with the load from the propulsion system to generate the optimum working point of propulsion system. So, it need a test of the propulsion system. The objects in this reserch are two types of electric motors found in Nogogeni urban concept, that is brushless DC and brushed DC motor. This test make 3 loading of 10 Watt lamp, 25 Watt and 35 Watt and variation of speed starts from the speed to light load start to blame, to full speed, with difference  $\pm 50$  rpm.*

*From the test, the BLDC motor have the most efficiency at 83,29 % with generate the power 66,786 when it velocity 332 rpm and it torque 20,565 Nm. For BDC motor have the most efficiency at 71,276 % with generated 71,46 Watt when it velocity 328 rpm and it torque 119,453 Nm.*

**Keywords** : *Electric Motor, BLDC Motor, BDC Motor, Torque, Angular Speed, Performance, Efficiency, Output Power, Input Power, Dynamometer.*

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “ **Perbandingan Unjuk Kerja Motor Brushless DC dan Motor Brushed DC pada Nogogeni Urban Konsep.**”

Maksud penulisan tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi sebelum menyelesaikan pendidikan di Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS dengan tujuan agar mahasiswa dapat menerapkan teori yang telah didapatkan selama masa perkuliahan.

Dalam penyusunan laporan ini tidak lepas berbagai pihak yang telah banyak memberikan bantuan, motivasi, dan dukungan. Untuk itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Dedy Zulhidayat Noor, ST, MT, PhD selaku dosen pembimbing yang telah memberikan saran serta bimbingannya sehingga penulis mampu menyelesaikan pengerjaan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
3. Bapak Ir. Suhariyanto, MSc selaku Kepala Program Studi dan Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
4. Dosen Penguji yang memberikan saran dan masukan guna menyempurnakan Tugas Akhir ini.
5. Bapak dan Ibu tercinta yang telah memberikan semangat, dorongan dan doa untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

6. Teman – teman tim Nogogeni 16/17 yang telah berpartisipasi dalam peminjaman tools serta motor uji.
7. Mas Sapto Wisasno yang bersedia membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Diah Agustin yang selalu memberikan semangat serta dorongan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
9. M. Izzul Fadhok dan Hermawan Listiyanto selaku rekan penghibur dan penemani dalam penulisan laporan ini.
10. Haryo febrianto yang telah bersedia membantu dalam penyempurnaan desain.
11. Teman – Teman Angkatan 2014 karena telah menjalani semua perjuangan dan pembelajaran di Teknik Mesin Industri FV-ITS.
12. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata penulis berdoa agar segala bantuan yang diberikan akan mendapat balasan dan rahmat dari Allah SWT. Dan semoga hasil dari laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat sebagaimana yang diharapkan. Amin.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Surabaya, Juni 2017

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I Pendahuluan .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II Dasar Teori.....</b>	<b>5</b>
2.1 Motor BLDC .....	5
2.1.1 Analisis Parameter Motor BLDC.....	8
2.1.2 Kelebihan dan Kekurangan .....	10
2.2 Motor Brushed DC .....	11
2.2.1 Macam – Macam Motor Brushed DC .....	12
2.2.1.1 Motor Brushed DC Penguatan Bebas .....	13
2.2.1.2 Motor Brushed DC dengan Penguatan secara Seri .....	14
2.2.1.3 Motor Brushed DC dengan Penguatan secara Paralel.....	14
2.2.1.4 Motor Brushed DC dengan Penguatan secara Seri Paralel (kompon) .....	15
2.2.2 Kelebihan dan Kekurangan.....	16
2.3 Dinamometer Generator .....	17
2.4 Daya .....	21
2.5 Torsi .....	22

2.6 Kecepatan Anguler .....	22
2.7 Effisiensi.....	23
<b>BAB III METODOLOGI PERANCANGAN .....</b>	<b>25</b>
3.1 Diagram Alir .....	25
3.2 Studi Literatur .....	26
3.3 Desain dan Wiring.....	27
3.4 Perancangan Alat.....	29
3.5 Persiapan Pengujian .....	29
3.6 Pengujian Unjuk Kerja dan Pengambilan Data .....	30
3.6.1 Wattmeter .....	31
3.6.2 Tachometer .....	31
3.6.3 Voltmeter dan Amperemeter .....	32
3.6.4 Dinamometer Generator .....	32
3.7 Pengolahan Data.....	34
3.8 Pengambilan Kesimpulan.....	34
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>35</b>
4.1 Data Hasil Pengujian.....	35
4.2 Perhitungan Performa.....	38
4.2.1 Perhitungan Daya Output Motor .....	39
4.2.2 Perhitungan Torsi Motor .....	39
4.2.3 Perhitungan Effisiensi Motor.....	40
4.3 Data Hasil Perhitungan.....	40
4.4 Perbandingan Unjuk Kerja .....	43
4.4.1 Perbandingan Torsi.....	43
4.4.2 Perbandingan Daya Input dan Daya Output .....	46
4.4.3 Perbandingan Effisiensi .....	50
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>53</b>
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran.....	54
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>BIODATA PENULIS</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 BLDC Motor .....	5
Gambar 2.2 Stator dan Rotor Motor BLDC .....	6
Gambar 2.3 Hall Sensor pada Motor BLDC .....	6
Gambar 2.4 Six Step Komutasi Motor BLDC.....	7
Gambar 2.5 Skematik BLDC Motor .....	8
Gambar 2.6 Konstruksi Motor Brushed DC.....	11
Gambar 2.7 Prinsip Kerja Motor Brushed DC .....	15
Gambar 2.8 Skematik Motor Brushed DC Penguatan Bebas..	12
Gambar 2.9 Skematik Motor Brushed DC dengan Penguatan dengan Seri .....	14
Gambar 2.10 Skematik Motor Brushed DC dengan Penguatan dengan Paralel.....	14
Gambar 2.11 Skematik Motor Brushed DC dengan Penguatan Secara Kompon Panjang.....	15
Gambar 2.12 Skematik Motor Brushed DC dengan Penguatan Secara Kompon Pendek .....	16
Gambar 2.13 Dinamometer Generator .....	17
Gambar 2.14 Konstruksi Dinamometer Generator.....	18
Gambar 2.15 Rangkaian Konfersi Energi pada Dinamometer Generator .....	19
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	26
Gambar 3.2 Wiring Alat Pengujian.....	27

Gambar 3.3 Desain Alat Pengujian .....	28
Gambar 3.4 Wattmeter .....	31
Gambar 3.5 Tachometer .....	31
Gambar 3.6 Voltmeter dan Amperemeter .....	32
Gambar 3.7 Dinamometer Generator .....	33
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Torsi Motor BLDC dengan BDC Pada Beban 10 W .....	44
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Torsi Motor BLDC dengan BDC Pada Beban 25 W .....	45
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Torsi Motor BLDC dengan BDC Pada Beban 35 W .....	46
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Daya Input dan Output Motor BLDC dengan BDC Pada Beban 10 W ...	47
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Daya Input dan Output Motor BLDC dengan BDC Pada Beban 25 W ...	48
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Daya Input dan Output Motor BLDC dengan BDC Pada Beban 35 W ...	49
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Effisiensi Motor BLDC dengan BDC Pada Beban 10 W .....	50
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Effisiensi Motor BLDC dengan BDC Pada Beban 25 W .....	51
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Effisiensi Motor BLDC dengan BDC Pada Beban 35 W .....	52

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Data Pengujian Unjuk Kerja Motor Brushed DC pada Pembebanan Lampu 10 Watt.....	35
Tabel 4.2	Data Pengujian Unjuk Kerja Motor Brushless DC pada Pembebanan Lampu 10 Watt .....	36
Tabel 4.3	Data Pengujian Unjuk Kerja Motor Brushed DC pada Pembebanan Lampu 25 Watt.....	36
Tabel 4.4	Data Pengujian Unjuk Kerja Motor Brushless DC pada Pembebanan Lampu 25 Watt .....	37
Tabel 4.5	Data Pengujian Unjuk Kerja Motor Brushed DC pada Pembebanan Lampu 35 Watt.....	37
Tabel 4.6	Data Pengujian Unjuk Kerja Motor Brushless DC pada Pembebanan Lampu 35 Watt .....	38
Tabel 4.7	Data Perhitungan Unjuk Kerja Motor Brushed DC pada Pembebanan Lampu 10 Watt .....	40
Tabel 4.8	Data Perhitungan Unjuk Kerja Motor Brushed DC pada Pembebanan Lampu 10 Watt.....	41
Tabel 4.9	Data Perhitungan Unjuk Kerja Motor Brushed DC pada Pembebanan Lampu 25 Watt .....	41
Tabel 4.10	Data Perhitungan Unjuk Kerja Motor Brushless DC pada Pembebanan Lampu 25 Watt .....	42
Tabel 4.11	Data Perhitungan Unjuk Kerja Motor Brushed DC pada Pembebanan Lampu 35 Watt .....	42
Tabel 4.12	Data Perhitungan Unjuk Kerja Motor Brushless DC pada Pembebanan Lampu 35 Watt .....	43

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Motor listrik merupakan mesin konversi energi yang mana mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Dalam perkembangannya, telah banyak inovasi dalam upaya peningkatan performa motor listrik yang semakin baik. Telah banyak bermunculan jenis – jenis motor yang mana merupakan suatu kemunculan ide – ide demi menanggapi tuntutan dari masa depan terhadap krisis energi. Motor listrik merupakan sebuah mesin yang banyak aplikasi dalam hal sistem penggerak, salah satunya adalah dipakai di mobil listrik. Dalam penentuan sebuah sistem penggerak tidaklah bisa sembarang dipakai untuk berbagai beban, sehingga dibutuhkan data mengenai spesifikasi performa dari sistem penggerak tersebut. Data – data tersebut akan dipadukan dengan beban dari sistem penggerak untuk menghasilkan titik optimum kerja dari sebuah sistem penggerak.

Karena permasalahan tersebut, sehingga penulis mencoba melakukan suatu pengkajian mengenai sistem penggerak pada mobil Nogogeni. Pengkajian ini dilakukan dengan pengujian unjuk kerja motor yang ada di mobil nogogeni. Terdapat dua jenis motor yang dipakai mobil nogogeni yaitu motor brushless DC dan brushed DC. Karena terdapat dua jenis motor , sehingga penulis melakukan penelitian sebagai Tugas Akhir yang berjudul **Perbandingan Unjuk Kerja Motor Brusless DC dan Brushed DC pada Nogogeni Urban Konsep**

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian judul diatas maka permasalahan yang dikaji adalah Bagaimana karakteristik kerja dari motor BLDC dan Brushed DC yang terdapat pada mobil Nogogeni?

## **1.3. Tujuan**

Adapun Tujuan dari dilakukannya pengujian ini salah satunya :

1. Mengetahui karakteristik kerja dan performa dari motor BLDC yang digunakan pada mobil Nogogeni.
2. Mengetahui karakteristik kerja dan performa dari motor brushed DC yang digunakan pada mobil Nogogeni
3. Dapat membandingkan performa kedua jenis motor listrik.
4. Pengoptimalan kerja sistem penggerak dengan mengetahui titik optimum kerja sistem penggerak pada mobil Nogogeni.

## **1.4. Manfaat**

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian Tugas Akhir ini adalah :

1. Dapat menganalisa performa sistem penggerak terhadap beban yang digerakkan.
2. Dapat memadukan antara sistem penggerak dengan yang digerakkan pada titik optimumnya.
3. Dapat digunakan sebagai referensi dalam penentuan sistem penggerak.

### **1.5. Batasan Masalah**

Agar permasalahan yang dibahas tidak terlalu meluas maka diberikan batas-batas sebagai berikut :

1. Pengujian Unjuk kerja dilakukan dengan menggunakan dynamometer jenis generator.
2. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan kecepatan dari motor pada 3 pembebanan berupa lampu 10 watt, 25 watt, dan 35 watt.
3. Effisiensi generator yang berguna sebagai dynamometer di asumsikan 80 %.
4. Effisiensi transmisi yang berupa chain dan sprocket diasumsikan 98 %.

### **1.6. Sistematika Penulisan**

Laporan tugas akhir disusun berdasarkan sistematika penulisan yang bersifat umum adalah sebagai berikut :

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Pengantar bagi pembaca untuk secara singkat mengetahui latar belakang permasalahan, tujuan, pembatasan masalah dan metode penelitian serta sistematika penulisan.

#### **BAB II DASAR TEORI**

Bab ini berisi teori-teori yang menunjang pelaksanaan penelitian, perhitungan dan pemecahan masalah yang berguna untuk analisa data yang telah diperoleh.

#### **BAB III METODOLOGI**

Bab ini menjelaskan metodologi dan diagram alir dari pengujian yang akan dilakukan dalam penelitian serta alat-alat yang dipergunakan dalam pelaksanaan pengujian.



#### **BAB IV      HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi tentang hasil analisa perhitungan dan penelitian data-data yang diperoleh dari pengujian berupa grafik dan beberapa pembahasan

#### **BAB V      PENUTUP**

Bab ini menyatakan pernyataan akhir dari uraian dan penjelasan pada bab-bab sebelumnya, disertai kesimpulan dan saran untuk kedepannya.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Motor BLDC

BLDC motor yang juga dikenal sebagai *electronically commutated motors* adalah type motor sinkron yang memakai sumber listrik arus searah sebagai sumber tenaganya. Arus searah yang digunakan umumnya bersumber dari arus bolak – balik yang kemudian di searahkan.



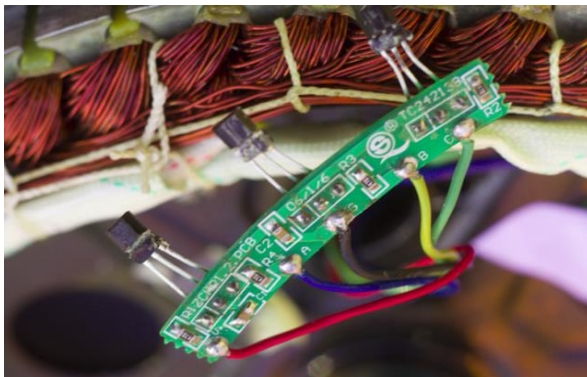
***Gambar 2.1 BLDC Motor***

Secara umum motor BLDC terdiri dari dua bagian, yaitu stator dan juga rotor. Stator dalam motor BLDC merupakan bagian yang tidak bergerak yang terdiri dari kumparan 3 fasa yang terlaminaasi terhadap inti besi. sedangkan rotor merupakan bagian yang berputar yang berbentuk kumpulan dari beberapa magnet permanen. [1]



***Gambar 2.2 Stator dan Rotor Motor BLDC***

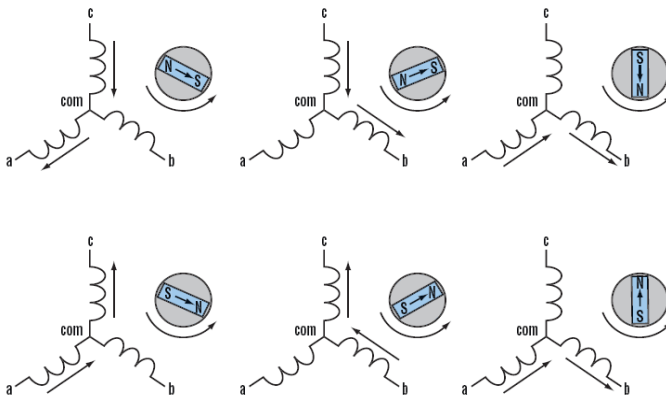
Karena motor ini tanpa menggunakan brush, sehingga untuk dapat menentukan timing komutasi memerlukan 3 buah hall sensor. Hall sensor ini berfungsi sebagai penentu posisi rotor yang nantinya dilaporkan terhadap *controller* untuk memasukan daya listrik terhadap motor. [2]



***Gambar 2.3 Hall Sensor pada Motor BLDC*** [3]

Pada dasarnya prinsip kerja dari motor BLDC cukup sederhana, yaitu magnet yang berada pada rotor motor akan tertarik dan terdorong oleh gaya elektromagnetik yang diatur oleh controller dengan bantuan *driver* pada motor BLDC. Selanjutnya gaya electromagnetic ini mendorong silinder berlubang sehingga timbul adanya torsi untuk menggerakkan motor dengan kecepatan  $\omega$ .

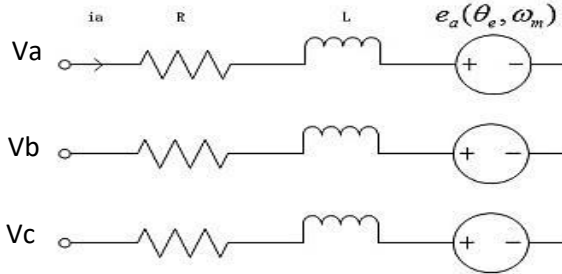
Dalam pengoperasiannya motor BLDC ini tidak dapat langsung dihubungkan terhadap sumber arus DC. Motor ini memerlukan sistem *control* yang nantinya akan mengatur *timing* komutasi. Pada **Gambar 2.4** dapat kita lihat bahwa motor BLDC untuk dapat berputar sejauh  $360^\circ$  terdapat enam *step* komutasi.



**Gambar 2.4 Six Step Komutasi Motor BLDC** [4]

### 2.1.1. Analisis Parameter Motor BLDC

Secara sederhana skematik motor BLDC seperti gambar 2.5 :



**Gambar 2.5 Skematik BLDC Motor**

dengan asumsi :

1. Lilitan dari kumparan tiap fasa simetris.
2. Tidak terdapat saturasi magnet.
3. Celah tiap fasa sama.

Sehingga tegangan *supply* tiap fasa dapat dirumuskan :

$$V_a = I_a R_a + L \frac{di_a}{dt} + e_a$$

$$V_b = I_b R_b + L \frac{di_b}{dt} + e_b$$

$$V_c = I_c R_c + L \frac{di_c}{dt} + e_c$$

$$e_a = e_b = e_c = K_e \omega_m$$

$$K_e = \frac{2 N m N \phi}{2\pi}$$

Karena terdapat 3 fasa sehingga :

$$e = 3 \frac{2 N m N \phi \omega_m}{2\pi}$$

$$\text{Jika, } \phi = \frac{2 \pi B L R r o}{N m} \text{ maka,}$$

$$e = \frac{6 N m N \frac{2 \pi B L R r o}{N m} \omega m}{2 \pi}$$

$$e = 6 N B L R r o \omega m$$

Untuk mencari nilai dari torsi kita dapat ketahui dari besarnya koefisien torsi konstan ( $K_t$ ) dengan arus yang mengalir pada tiap – tiap fasa. Sehingga secara matematis dapat dituliskan :

$$T = \sum K_t i$$

Karena nilai dari  $K_t = K_e$ , sehingga:

$$T = \frac{\sum (e i)}{\omega m}$$

$$T \omega_m = e_a i_a + e_b i_b + e_c i_c$$

Dimana :

$V_a, V_b, V_c$  = Tegangan sumber untuk tiap fasa  
( Volt )

$I_a, I_b, I_c$  = Arus yang mengalir tiap fasa  
( Ampere )

$R_a, R_b, R_c$  = Hambatan pada Tiap Fasa (  $\Omega$  )

$L$  = Induktansi ( Hendry )

$e_a, e_b, e_c$  = *Elektromotif force* ( V )

$\omega_m$  = Kecepatan Anguler (Rad/s)

$T$  = Torsi Motor (Nm)

$N_m$  = Jumlah Magnet

$N$  = Jumlah Lilitan

$R_{ro}$  = Radius Air Gap

$B$  = Kuat Medan Magnet ( Weber )

Sehingga dapat kita simpulkan bahwa besarnya daya Output dari motor BLDC bergantung dengan besarnya arus yang mengalir dan emf yang diinduksikan ketika motor bergerak . sedangkan besarnya emf ini dipengaruhi oleh jumlah lilitan, *fluks density magnetic*, panjang kumparan, *radius air gap*, dan kecepatan dari motor itu sendiri untuk menyebabkan terjadinya perubahan medan magnet dengan waktu tertentu.<sup>[5]</sup>

### **2.1.2 Kelebihan dan Kekurangan**

Menurut teori kelebihan dari motor ini terdapat pada sistem komutasi. Sistem komutasi dengan metode electronic ini membuat motor jenis ini memiliki efisiensi yang tinggi, tidak terlalu berisik karena gesekan diminimalisir. Berikut ini merupakan keunggulan lainnya yang dimiliki motor ini :

1. High Speed Operasi
2. Responsif & Percepatan Cepat
3. High Power Density.
4. BLDC motor tidak memiliki sikat sehingga efisiensi lebih tinggi
5. Kecepatan yang lebih baik untuk melawan karakteristik tenaga putaran
6. Tahan lama atau usia pakainya lebih lama.
7. Nyaris tanpa suara bila dioperasikan.

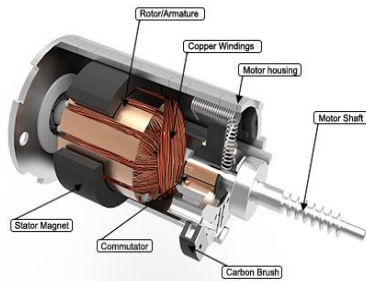
Namun motor jenis ini juga memiliki beberapa kelemahan yaitu :

1. Harganya mahal
2. Konstruksi lebih rumit

3. Memerlukan sistem *control drive* untuk menggerakkannya.<sup>[6]</sup>

## 2.2 Motor Brushed DC

Motor brushed DC merupakan motor listrik dengan menggunakan sistem mekanis *commutated* dengan sumber arus searah (DC). Motor brushed DC memiliki beberapa komponen utama untuk dapat mengkonfersikan energi listrik menjadi energi mekanikyaitu stator, rotor dan sistem komutasi mekanis.

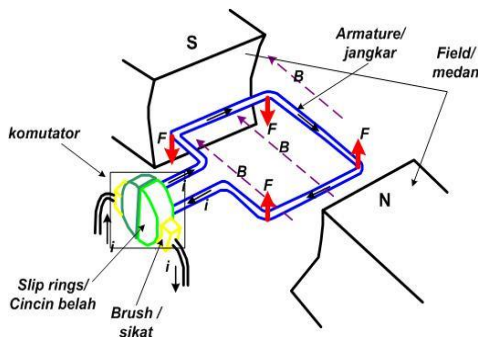


**Gambar 2.6 Kontruksi Motor Brushed DC**  
**DC<sup>[7]</sup>**

Stator dalam motor brushed DC ini kebanyakan berupa magnet permanen. Namun terkadang juga ada yang berupa dalam bentuk kumparan yang berada pada inti besi. Rotor pada motor jenis ini biasanya berupa kumparan yang digulung dalam suatu inti besi. Sedangkan Motor ini menggunakan sistem *mechanical commutated* yang mana ada sepasang brushed terbuat dari karbon yang bersentuhan dengan *comutator*. Adapun fungsi *commutator* yaitu menghubungkan daya dari sumber arus searah terhadap kumparan.



Pada dasarnya prinsip kerja dari motor brused DC ini dimulai jika arus lewat pada suatu konduktor melingkar sehingga timbul medan magnet di sekitar konduktor. Timbulnya medan magnet ini memicu adanya dorongan dan tarikan antara rotor dan stator sehingga timbulnya gaya. Akibat adanya gaya ini sehingga timbulnya torsi yang membuat motor berputar dengan kecepatan  $\omega$ .



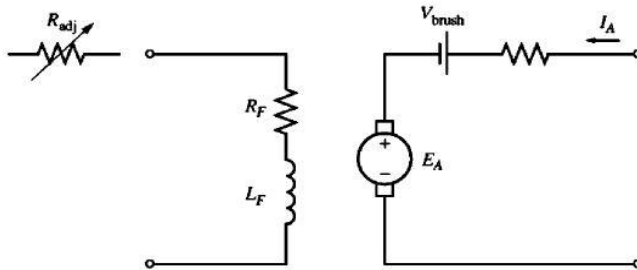
**Gambar 2.7 Prinsip Kerja Motor Brushed DC<sub>[8]</sub>**

### 2.2.1 Macam – Macam Motor Brushed DC

Motor Brushed DC dibedakan menjadi dua macam, yaitu motor dengan penguatan dan motor tanpa penguat. Motor tanpa penguat adalah motor yang mana jala – jala stator diberikan sumber tegangan arus searah sendiri atau dalam bentuk magnet permanen. Sedangkan untuk motor dengan penguatan yaitu motor yang diberikan sumber tegangan arus searah yang sama antara rotor dan stator.

### 2.2.1.1 Motor Brushed DC Penguatan Bebas

pada motor jenis ini sumber tegangan arus searah anantara jala – jala di rotor dan di stator terpisah.



**Gambar 2.8 Skematik Motor Brushed DC Penguatan Bebas**

Dari gambar 2.8 dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$V_t = I R + V_{brush} + E_a$$

Dimana :

$V_t$  : Tegangan Input ( V )

$I$  : Arus yang dialirkan ( A )

$R$  : Hambatan ( ohm )

$E_a$  : Electromotive Force ( V )

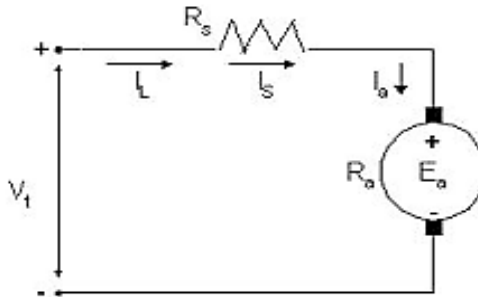
Jika  $E_a = K_e \omega$  dan  $K_e = K_t = \frac{2 N B L R r_o}{\pi}$  maka besarnya torsi yang diproduksi yaitu:

$$\tau = \frac{2 N B L R r_o i}{\omega}$$

Sehingga daya output yang dihasilkan yaitu :

$$w = 2 N B L R r_o I_{[9]}$$

### 2.2.1.2 Motor Brushed DC dengan Penguatan secara Seri



**Gambar 2.9 Skematik Motor Brushed DC dengan Penguatan secara Seri**

Pada gambar 2.9 dapat kita lihat bahwa belitan jangkar dihubungkan secara seri dengan belitan rotor. Sehingga secara matematis dapat dituliskan :

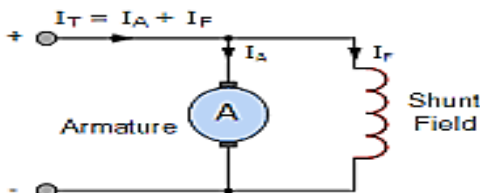
$$V_t = E_a + I_s R_s + I_a R_a$$

$$I_L = I_a = I_s$$

$$V_t = E_a + I_a (R_a + R_s)$$

### 2.2.1.3 Motor Brushed DC Penguatan secara Parallel

Rangkaian ekivalen motor arus searah penguatan shunt ditunjukkan pada gambar di bawah:



**Gambar 2.10 Skematik Motor Brushed DC dengan Penguatan secara Paralel**

Pada gambar 2.10 dapat kita lihat bahwa belitan jangkar dihubungkan secara paralel dengan belitan rotor. Sehingga secara matematis dapat dituliskan :

$$V_t = E_a + I_a R_a$$

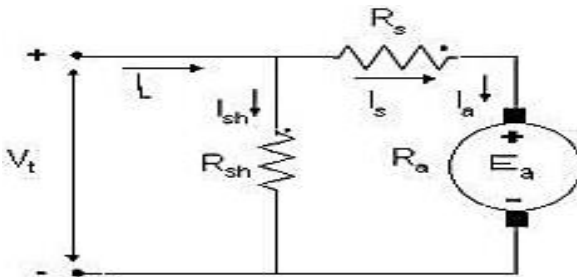
$$I_f = \frac{V_t}{R_f}$$

$$I_T = I_A + I_F$$

$$V_t = E_a + (I_T - I_F) R_a$$

#### 2.2.1.4 Motor Brushed DC Penguatan secara Seri Paralel (Kompon )

Pada motor tipe ini memiliki dua jenis yaitu kompon pendek dan kompon panjang. Perbedaannya hanya terletak dari belitan seri yang akan terhubung terhadap belitan rotor. Untuk lebih jelasnya akan digambarkan sebagai berikut :

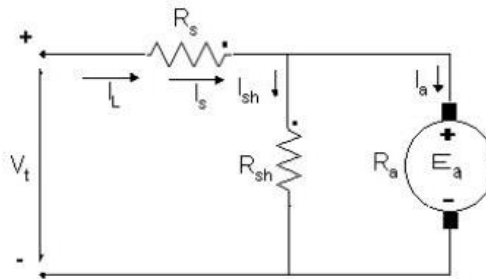


**Gambar 2.11 Skematik Motor Brushed DC dengan Penguatan secara Kompon Panjang**

Untuk gambar 2.11 secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$V_t = E_a + R_s I_s + R_a I_a$$

$$I_L = I_{sh} + I_s \text{ dan } I_a = I_s$$



**Gambar 2.12 Skematik Motor Brushed DC dengan Penguatan secara Kompon Pendek**

Untuk jenis kompon pendek dapat dilihat pada gambar 2.12. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$V_t = E_a + R_s I_s + R_a I_a$$

$$I_L = I_s \text{ dan } I_s = I_{sh} + I_a \text{ [10]}$$

### 2.2.2 Kelebihan dan Kekurangan Motor Brushed DC

Motor brushed dc merupakan motor dengan sumber tegangan searah yang memiliki konstruksi yang tidak begitu rumit. Dengan desain dari konstruksi motor brushed dapat dilihat bahwasannya adanya kelebihan dan kekurangan. Berikut ini merupakan kelebihan dan kekurangan dari motor brushed DC :

Kelebihannya :

1. Lebih ringan karena dua magnet saja sudah cukup untuk dapat berputar sehingga gaya inersia relatif rendah.
2. Tidak memerlukan *control drive* untuk dapat menggerakkannya.

3. Lebih mudah dalam pengaturan kecepatannya.
4. Harga dari motor ini relatif murah

Sedangkan kekurangan dari motor ini yaitu :

1. Mengeluarkan suara berisik karena gesekan antara Brush dan komutator
2. Banyak kerugian gesekan
3. Karena jumlah magnet tidak terlalu banyak motor ini cenderung memiliki daya output yang kecil.
4. Usia motor akan lebih cepat. [6]

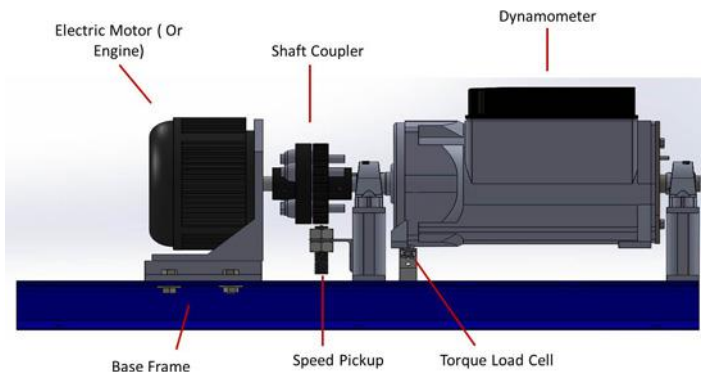
### **2.3 Dinamometer Generator**

Dinamometer adalah suatu mesin yang digunakan untuk mengukur torsi (torque) dan daya (power) yang diproduksi oleh suatu mesin motor atau penggerak berputar lain. Selain itu dynamometer juga digunakan untuk mengkarakterisasi torsi motor sebagai fungsi kecepatan. Dynamometer ini juga biasanya digunakan sebagai instrumen elektro-mekanis dasar untuk pengembangan motor dan motor drive.



**Gambar 2.13 Dinamometer Generator [11]**

Konstruksi dynamometer ini dapat dikatakan memiliki konstruksi yang tidak terlalu rumit. Adanya generator merupakan komponen inti yang berfungsi sebagai pengkonversi energi listrik yang nantinya disalurkan terhadap beban listrik. Selain itu dynamometer ini memiliki terdapat transmisi sebagai penghubung daya dari sistem penggerak terhadap rotor generator. Semua komponen tersebut ditumpu pada sebuah *frame* sebagaiudukan dari komponen dynamometer serta sistem penggerak yang akan diujikan.



**Gambar 2.14 Konstruksi Dynamometer Generator** [12]

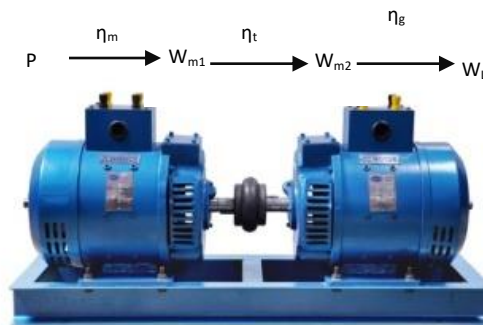
Prinsip kerja dari dynamometer ini sama halnya dynamometer yang lainnya, hanya saja penyerapan daya menggunakan pembebanan listrik. Secara detailnya prinsip kerja dari dynamometer ini yaitu ketika sistem penggerak berputar, maka rotor pada generator akan berputar karena diteruskannya daya oleh transmisi. Berputarnya rotor pada generator ini akan menghasilkan fluks yang menembus dinding – dinding dari

magnet permanen. Akibat terbentuknya fluks akan adanya beda potensial yang akan mengalir terhadap gulungan kawat tembaga terhadap inti besi. daya listrik ini kemudian disalurkan terhadap pembebebanan listrik yang besarnya yaitu :

$$P = V \times I \quad ( \text{ untuk generator 1 phasa } )$$

$$P = V \times I \times \cos\phi \quad ( \text{ untuk generator 3 phasa } )$$

Daya dari persamaan diatas merupakan daya yang dihasilkan oleh generator. Padahal dalam pengujian unjuk kerja suatu sistem penggerak terdapat beberapa hal yang ditinjau. Salah satunya yaitu daya keluaran sistem penggerak. Untuk dapat mengetahui daya keluaran dari sistem penggerak, diperlukanya data tambahan mengenai data generator yang digunakan dan juga sistem transmisi yang dipakai.<sup>[13]</sup>



**Gambar 2.15 Rangkaian Konfersian Energi pada  
Dynamometer Generator**

Dalam sistem dynamometer ini terdapat sistem pengkonfersian energi yang terjadi di generator sedangkan



besarnya daya yang dapat diketahui hanyalah daya input (P) dan daya keluaran generator ( $w_L$ ). Sehingga diperlukannya data mengenai efisiensi dari generator dan juga efisiensi dari sistem transmisi. Sehingga kita dapat mengetahui

$$\eta_m = \frac{wm1}{P}$$

$$Pm1 = \frac{P}{\eta_m}$$

$$\eta_t = \frac{wm2}{wm1}$$

$$wm1 = \frac{wm2}{\eta_t}$$

$$\eta_g = \frac{w_L}{wm2}$$

$$wm2 = \frac{w_L}{\eta_g}$$

Dengan menggabungkan persamaan 2 dan 3 sehingga didapat nilai dari daya keluaran motor atau sistem penggerak lainnya

$$wm1 = \frac{\frac{w_L}{\eta_g}}{\eta_t}$$

$$wm1 = \frac{w_L}{\eta_g \times \eta_t}$$

Pada dasarnya dalam pengujian dengan menggunakan dynamometer ada beberapa parameter kerja lainnya yang merupakan tinjauan dari baik – buruknya performa dari sistem

penggerak. Sehingga diperlukan analisis dari data yang telah didapatkan.

Daya keluaran dari sistem penggerak merupakan daya mekanis yang berotasi. Sehingga daya mekanis ini dapat didefinisikan daya yang dihasilkan dari banyaknya putaran yang terbentuk dengan besarnya momen yang ditimbulkan, sehingga berlaku persamaan :

$$W_{m1} = \omega \times \tau$$

Untuk dapat mendapatkan harga dari torsi sehingga kita dapat menggunakan persamaan :

$$\tau = \frac{W_{m1}}{\omega}$$

Dimana :

$\omega$  adalah kecepatan angular ( rad/s )

$\tau$  adalah torsi (torque) (Nm)

$W_{m1}$  adalah daya output (Watt) [14]

## 2.4 Daya

Daya merupakan jumlah energi yang dihabiskan per satuan waktu. Dalam sistem SI, satuan daya adalah joule per detik (J/s), atau watt. Daya pada sistem mekanik adalah kombinasi gaya dan perpindahan. Pada poros berputar daya ini juga dapat diartikan sebagai besarnya momen putar dengan kecepatan sudut tertentu, sehingga jika dituliskan secara matematisnya yaitu :

$$W = \omega \times \tau \text{ [15]}$$

Dimana :

W adalah besarnya daya (Watt)

$\omega$  adalah kecepatan sudut ( Rad/sekon )

$\tau$  adalah Torsi atau momen putar ( Nm )

## 2.5 Torsi

Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja yakni menggerakkan atau memindahkan mobil atau motor dari kondisi diam hingga berjalan. Untuk itu torsi berkaitan dengan akselerasi dan putaran bawah mesin

Adapun perumusan dari torsi adalah sebagai berikut. Piston bergerak menghasilkan gaya  $F$  yang memutar engkol dimana panjang engkol sebesar  $b$ , sehingga torsi dapat ditentukan dengan rumus :

$$T = F \times b$$

Dimana :

$T$  = torsi benda berputar (N.m)

$F$  = gaya radial dari benda yang berputar (N)

$B$  = jari-jari engkol (m)<sub>[16]</sub>

## 2.6 Kecepatan Angular

Kecepatan angular merupakan kecepatan dari suatu benda yang bergerak melingkar karena adanya gaya sentrifugal dengan selang waktu tertentu. Kecepatan angular ini biasa disebut kecepatan sudut. Besarnya kecepatan sudut ini dapat dinyatakan :

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

Dimana :

$\omega$  adalah kecepatan sudut ( Rad/s )

$t$  adalah waktu yang ditempuh dalam satu putaran ( s )

$\Theta$  adalah banyaknya putaran

Sedangkan dalam satu putaran (  $\Theta$  ) sama nilainya dengan dua kali radian, sehingga :

$$\Theta = 2 \pi$$

$$\omega = \frac{2\pi}{t}$$

## 2.7 Efisiensi

Suatu mesin konversi energi tidak mungkin mengubah seluruh energi yang diterimanya menjadi energi yang diharapkan. Sebagian energi akan diubah menjadi energi yang tidak diharapkan atau yang biasa disebut dengan losses. Proses tersebut merupakan sifat alami sehingga dikemukakan konsep efisiensi.

Jika energi yang diterima oleh alat pengubah energi disebut masukan (input) dan energi yang diubah ke bentuk yang diharapkan disebut keluaran (output). Efisiensi didefinisikan sebagai hasil bagi keluaran dan masukan dikali seratus persen dan secara matematis ditulis dengan persamaan sebagai berikut :

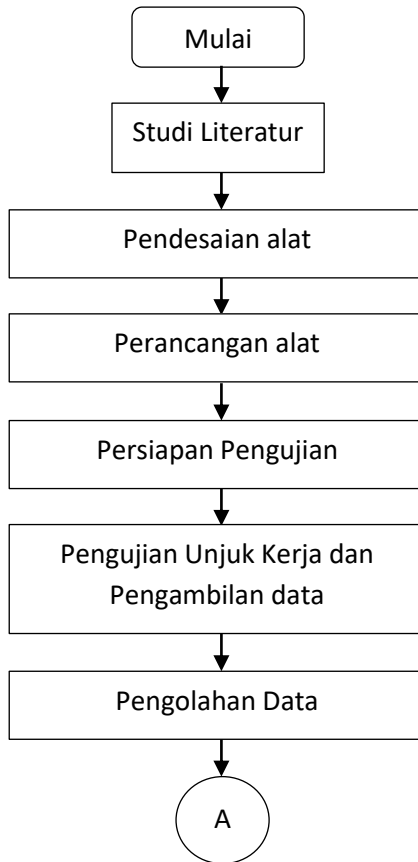
$$\eta = \frac{P_{in}}{P_{out}} \quad [17]$$

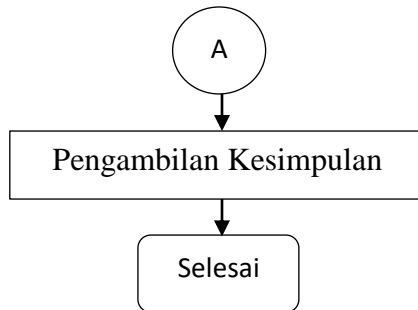
## **BAB III**

### **METODOLOGI PERANCANGAN**

#### **3.1. Diagram alir**

Berikut ini merupakan diagram alir metodologi dari pengujian unjuk kerja motor BLDC dan motor Brush DC :





***Gambar 3.1 Diagram Alir***

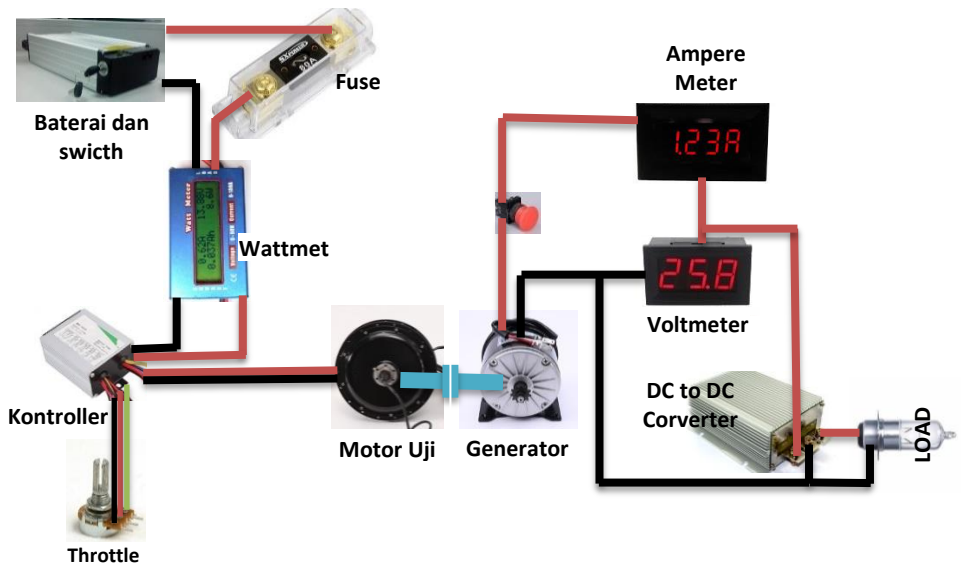
### **3.2. Studi Literatur**

Studi literatur merupakan sebuah dasaran dalam melakukan pengujian unjuk kerja motor BLDC maupun motor Brush. Studi literatur ini nantinya akan membantu dalam melakukan pengujian unjuk kerja sehingga harapan yang ingin didapat dapat terwujud. Didalam study literatur ini dilakukan mengumpulkan beberapa referensi dari sumber – sumber yang telah teruji seperti pada buku, jurnal, dan juga dari internet.

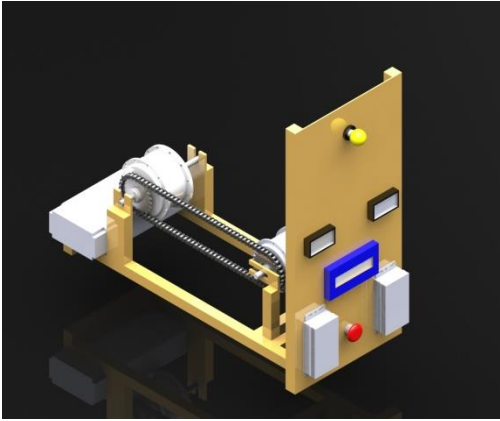
Pengujian ini yang bertujuan untuk dapat mengetahui performa dari 2 macam motor listrik dan membandingkan keduanya sehingga dapat menentukan kekurangan dan kelebihan masing – masing macam motor. Pengujian ini menggunakan metode electricdyno dimana nantinya adanya generator sebagai media absorber.

### 3.3. Desain dan Wiring Alat

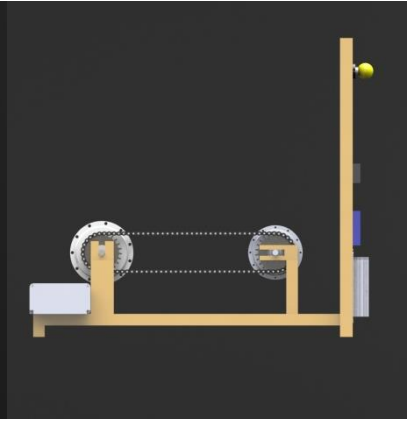
Pendesainan alat sangatlah diperlukan guna sebagai landasan dalam perencanaan pembuatan alat. Pendesainan ini dilakukan dengan menggunakan software *solidwork* yang nantinya akan berbentuk gambar dengan dimensi tertentu. Selain itu wiring dari alat juga diperlukan yang nantinya akan divisualkan berupa gambar . Berikut ini merupakan wiring yang akan digunakan untuk pengujian untuk kerja motor BLDC dan motor Brush DC :



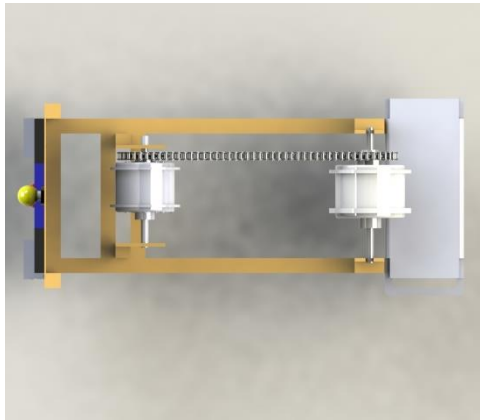
*Gambar 3.2 Wiring Alat Pengujian*



*Isometri*



*Tampak Depan*



**Tampak Atas**

**Gambar 3.3 Desain Alat Dinamometer Generator**

Pada gambar diatas dapat dilihat ada sebuah motor uji yang dihubungkan melalui sprocket and chain dengan sebuah generator. Ketika motor berputar maka generator



akan ikut berputar, sehingga generator menghasilkan daya listrik yang nantinya menjadi parameter yang dapat digunakan untuk mencari daya output motor.

### **3.4. Perancangan Alat**

Setelah pendesainan selesai, tahapan selanjutnya yaitu perancangan dari alat. Perancangan ini melalui beberapa proses yaitu pengukuran dimensi, pemotongan, pengelasan, drilling, penghalusan dan diakhiri dengan pengecatan. Pada proses ini diperlukannya keterampilan dalam manufaktur sehingga menghasilkan alat sesuai desain.

### **3.5. Persiapan Pengujian**

Dalam suatu pengujian diperluannya suatu persiapan guna mencegah adanya kerugian – kerugian baik pada produk maupun pada operator. Dalam pengujian unjuk kerja motor yang akan dilakukan ini ada beberapa hal yang perlu dilakukan yaitu :

1. Pemasangan sprocket pada motor uji dan poros generator
2. Kunci poros motor dan generator pada dudukannya hingga rapat dengan menggunakan mur.
3. Pemasangan rantai yang menghubungkan motor uji dan poros generator serta atur posisi motor agar rantai lurus dan tidak terlalu tegang.
4. Cek tegangan baterai sudah memenuhi apa belum ( $\pm 48$  volt).

5. Hubungkan kabel baterai dengan watt meter dan pastikan kondisi kontak baterai dalam kondisi off.
6. Hubungkan kabel output wattmeter, throttle, dan motor terhadap controller dan pastikan jangan sampai terbalik.
7. Hubungkan kabel dari generator terhadap regulator.
8. Testing terhadap motor uji dan alat ukur apakah dalam kondisi normal.

### **3.6. Pengujian Unjuk Kerja dan Pengambilan Data**

Pengujian unjuk kerja ini bertujuan agar dapat mengetahui sebuah performa dari motor BLDC maupun motor Brush DC. Performa dari motor yang berupa kecepatan angular, torsi, daya motor, dan efisiensi guna dapat menentukan titik optimumnya serta dapat membandingkan performa dari motor BLDC dan juga motor Brush DC.

Dalam melakukan pengujian diperlukan alat ukur guna menghasilkan data yang berupa nilai tertentu yang nantinya dapat diolah. Berikut ini merupakan alat ukur yang diperlukan dalam pengujian :

### 3.6.1. Watt meter



***Gambar 3.4 Watt meter***

Wattmeter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur energi yang masuk terhadap motor listrik. Wh meter ini terdapat 2 pasang port yaitu port input dan port output yang harus dihubungkan. Port input dihubungkan terhadap baterai sedangkan port output dihubungkan terhadap controller.

### 3.6.2. Tachometer



***Gambar 3.5 Tachometer***

Tachometer ini digunakan sebagai alat yang digunakan untuk mengukur banyaknya putaran motor listrik per menitnya.

### **3.6.3. Voltmeter dan Amperemeter**

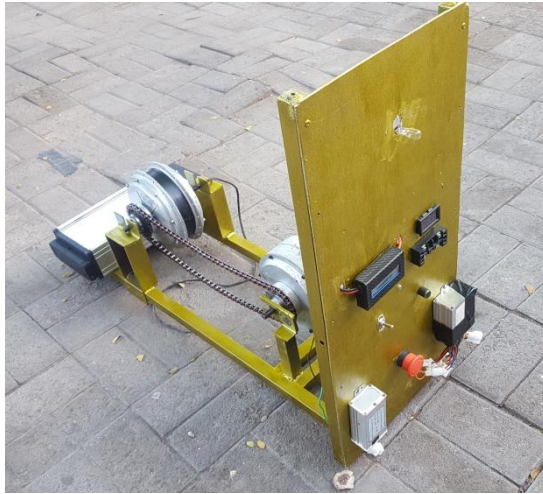


***Gambar 3.6 Voltmeter dan Amperemeter***

Volt meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur besar perbedaan potensial. Sedangkan ampere meter berfungsi sebagai alat yang digunakan untuk mengukur besar arus yang mengalir dalam rangkaian. Kedua alat ukur ini diperlukan untuk dapat mengetahui besar daya output dari generator.

### **3.6.4. Dinamometer Generator**

Dinamometer ini berguna untuk dapat mengukur daya keluaran dan juga torsi dari motor uji. Alat ini dilengkapi dengan alat ukur berupa volt meter, watt meter dan ampere meter guna menunjang dari fungsi alat ini. Berikut ini merupakan dinamometer yang digunakan dalam pengujian.



***Gambar 3.7 Dinamometer Generator***

Untuk pengambilan data ada beberapa tahapan yang perlu dilakukan. Tahapan ini berlaku baik pada motor brushed DC maupun brushless DC. Berikut ini merupakan tahapan yang dilakukan

1. Pengecekan terhadap instalasi kabel power dari batrai, watt meter, kontoller, throttle dan motor pastikan terhubung dengan baik.
2. Nyalakan power batterai.
3. Nyalakan beban yang berupa lampu 10 watt dengan menekan saklar.
4. Atur kecepatan dengan memutar throttle hingga lampu mulai menyala dan ukur kecepatan dengan tachometer.

5. Catat data mengenai kecepatan, tegangan output, arus output, daya input.
6. Variasikan kecepatan dari yang terendah hingga tertinggi dengan range  $\pm 50$  rpm. Kemudian lakukan tahapan nomer 5.
7. Tingkatkan beban dengan mengganti lampu 25 watt. kemudian lakukan tahapan nomer 6.
8. Tingkatkan beban dengan mengganti lampu 35 watt. kemudian lakukan tahapan nomer 6.
9. Setelah data sudah diperoleh, atur throttle hingga kecepatan minimal dan biarkan hingga motor dalam kondisi diam.
10. Matikan kontak baterai dan selanjutnya lepaskan semua kabel yang masih terhubung.

### **3.7. Pengolahan Data**

Setelah data primer telah diperoleh dari percobaan, langkah selanjutnya yaitu pengolahan data dengan cara kalkulasi data sehingga dapat memperoleh data sekunder berupa parameter performa dari motor listrik. Kalkulasi data ini dilakukan berdasarkan rumus – rumus dari referensi dan nantinya data ini akan divisualkan melalui grafik agar mudah dalam pembacaan.

### **3.8. Pengambilan Kesimpulan**

Pengambilan kesimpulan ini dimaksudkan menarik kesimpulan dari hasil pengujian serta membandingkan performa dari kedua jenis motor dengan melihat grafik dari data pengujian.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Data Hasil Pengujian**

Data pengujian adalah data primer yang dibutuhkan untuk dapat mengetahui performa dari Motor Brushless DC dan Brush DC. Berikut ini data hasil pengujian yang disajikan dalam bentuk tabel:

***Tabel 4.1 Data Pengujian Unjuk Kerja motor Brush DC pada pembebanan lampu 10 Watt***

<b>n (rpm)</b>	<b><math>\omega</math> (rad/m)</b>	<b>P in (watt)</b>	<b>V out (volt)</b>	<b>I out (ampere)</b>
0	0	0	0	0
215	22.50	32	19.4	0.38
267	27.95	43.6	23.4	0.44
319	33.39	50.9	29.2	0.37
369	38.62	59	32.7	0.32
416	43.54	68.2	34	0.29
461	48.25	78.2	40.5	0.26
512	53.59	86	45	0.23
563	58.93	98	49	0.23
609	63.74	109	52	0.19
631	66.04	113	52.5	0.19

***Tabel 4.2 Data Pengujian Unjuk Kerja Motor Brushless DC pada pembebanan lampu 10 Watt***

<b>n (rpm)</b>	<b><math>\omega</math> (rad/m)</b>	<b>P in (watt)</b>	<b>V out (volt)</b>	<b>I out (ampere)</b>
0	0	0	0	0
216	22.61	42	20	0.36
263	27.53	46	22.4	0.45
315	32.97	54	26.7	0.48
367	38.41	58	31.4	0.34
414	43.33	60	33.8	0.29
467	48.88	75	42.5	0.26

***Tabel 4.3 Data Pengujian Unjuk Kerja motor Brush DC pada pembebanan lampu 25 Watt***

<b>n (rpm)</b>	<b><math>\omega</math> (rad/m)</b>	<b>P in (watt)</b>	<b>V out (volt)</b>	<b>I out (ampere)</b>
0	0.00	0	0	0
238	24.91	65.3	21	1.32
283	29.62	80.2	24.7	1.68
328	34.33	97.2	28.7	1.8
378	39.56	103.2	32.5	1.73
430	45.01	113.2	38	1.52
483	50.55	119.4	45.3	1.25
536	56.10	134.3	50	1.11
584	61.13	141	51.6	0.67
611	63.95	144	53	0.52



***Tabel 4.4 Data Pengujian Unjuk Kerja Motor Brushless DC pada pembebanan lampu 25 Watt***

<b>n (rpm)</b>	<b><math>\omega</math> (rad/m)</b>	<b>P in (watt)</b>	<b>V out (volt)</b>	<b>I out (ampere)</b>
0	0.00	0	0	0
236	24.70	70	21	1.31
282	29.52	78	23.6	1.62
330	34.54	86	31.3	1.72
386	40.40	97	33.6	1.77
434	45.43	109	39	1.32
487	50.45	114	44.4	1.16

***Tabel 4.5 Data Pengujian Unjuk Kerja motor Brush DC pada pembebanan lampu 35 Watt***

<b>n (rpm)</b>	<b><math>\omega</math> (rad/s)</b>	<b>P in (watt)</b>	<b>V out (volt)</b>	<b>I out (ampere)</b>
0	0.00	0	0	0
238	24.91	65.5	21	1.37
283	29.62	82	24	1.72
328	34.33	93.7	28	1.87
378	39.56	103	32.5	1.75
430	45.01	120	37.2	1.52
483	50.55	122	41	1.23
536	56.10	132	44.7	1.19
580	60.71	146	48.7	1.08
611	63.95	152	51	0.8

***Tabel 4.6 Data Pengujian Unjuk Kerja Motor Brushless DC pada pembebanan lampu 35 Watt***

<b>n (rpm)</b>	<b><math>\omega</math> (rad/s)</b>	<b>P in (watt)</b>	<b>V out (volt)</b>	<b>I out (ampere)</b>
0	0	0	0	0
230	24.07	75	20.2	1.36
284	29.73	80.2	25.3	1.67
332	34.75	85.8	31.3	1.79
384	40.19	98	35.2	1.7
428	44.80	107.8	36.8	1.47
487	50.97	118	42.4	1.23

Dari data diatas nantinya dilakukan perhitungan untuk dapat mengetahui nilai dari performa kedua jenis motor tersebut

## **4.2 Perhitungan Performa Motor**

Perhitungan Performa motor ini merupakan sebuah metode dalam menentukan nilai dari performa kedua jenis motor. Dalam perhitungan ini hanya diambil satu sampel data dari data percobaan dan selanjutnya akan ditampilkan dalam bentuk tabel. Sampel data yang akan digunakan yaitu pada tabel 4.1 saat 215 rpm. Sehingga didapatkan sampel data sebagai berikut :

Tegangan Out Generator	19,4	Volt
Arus Out Generator	0,38	Ampere
Daya Input	32	Watt
Effisiensi Generator	80	%
Effisiensi Transmisi	98	%
Kecepatan	215	rpm

#### 4.2.1 Perhitungan Daya Output Motor (w)

Besarnya daya output dapat kita ketahui dengan mengukur daya yang dikeluarkan oleh generator dengan membagikan dengan efisiensi transmisi dan generatornya karena daya yang dikeluarkan oleh motor akan lebih besar dari pada yang dihasilkan generator pada pengujian kali ini. Sehingga kita dapat tuliskan persamaannya :

$$w = \frac{V \times I}{\eta t \times \eta g}$$

$$w = \frac{19.4 \text{ V} \times 0.38 \text{ A}}{0.98 \times 0.8}$$

$$w = 9,4031 \text{ Watt}$$

#### 4.2.2 Perhitungan Torsi Motor (T)

Besarnya Torsi ini dapat dinyatakan dengan perbandingan antara daya output motor dengan kecepatan angular yang dihasilkan motor. Lebih ringkasnya dapat dirumuskan :

$$T = \frac{60 w}{2\pi n}$$

$$T = \frac{60 \times 9,4031 \text{ Watt}}{2 \times 3.14 \times 215}$$

$$T = 0.41785 \text{ Nm}$$

#### 4.2.3 Perhitungan Effisiensi Motor ( $\eta_m$ )

Effisiensi merupakan nilai dari perbandingan dari daya keluaran motor dengan daya yang masuk terhadap motor. Sehingga dapat dirumuskan :

$$\eta_m = \frac{W}{P} \times 100\%$$

$$\eta_m = \frac{9,4031 \text{ Watt}}{32 \text{ Watt}} \times 100\%$$

$$\eta_m = 29.385 \%$$

#### 4.3 Data Hasil Perhitungan

Data perhitungan ini didapat dari perhitungan dari data percobaan yang ditabelkan sebagai berikut :

***Tabel 4.7 Data Perhitungan Unjuk Kerja motor Brush DC pada pembebanan lampu 10 Watt***

<b>n (rpm)</b>	<b>P in (watt)</b>	<b>w out (watt)</b>	<b>T (Nm)</b>	<b><math>\eta_m</math> (%)</b>
0	0	0	0	0
215	32	9.403	0.418	29.385
267	43.6	13.133	0.470	30.121
319	50.9	13.781	0.413	27.074
369	59	13.347	0.346	22.622
416	68.2	12.577	0.289	18.441
461	78.2	13.431	0.278	17.175
512	86	13.202	0.246	15.351
563	98	14.375	0.244	14.668
609	109	12.602	0.198	11.562
631	113	12.723	0.193	11.259

***Tabel 4.8 Data Perhitungan Unjuk Kerja motor Brushless DC pada pembebanan lampu 10 Watt***

<b>n (rpm)</b>	<b>P in (watt)</b>	<b>w out (watt)</b>	<b>T (Nm)</b>	<b><math>\eta_m</math> (%)</b>
0	0	0	0	0
216	42	9.184	0.406	21.866
263	46	12.857	0.467	27.950
315	54	16.347	0.496	30.272
367	58	13.617	0.355	23.478
414	60	12.503	0.289	20.838
467	75	14.094	0.288	18.793
487	81	13.531	0.265	16.70

***Tabel 4.9 Data Perhitungan Unjuk Kerja motor Brush DC pada pembebanan lampu 25 Watt***

<b>n (rpm)</b>	<b>P in (watt)</b>	<b>w out (watt)</b>	<b>T (Nm)</b>	<b><math>\eta_m</math> (%)</b>
0	0	0	0	0
238	65.3	35.357	1.419	54.146
283	80.2	52.929	1.787	65.996
328	97.2	65.893	1.919	67.791
378	103.2	71.716	1.813	69.492
430	113.2	73.673	1.637	69.364
483	119.4	72.226	1.429	60.491
536	134.3	70.791	1.262	52.711
584	141	44.097	0.721	31.274
611	144	35.153	0.550	24.412

***Tabel 4.10 Data Perhitungan Unjuk Kerja motor Brushless DC pada pembebanan lampu 25 Watt***

<b>n (rpm)</b>	<b>P in (watt)</b>	<b>w out (watt)</b>	<b>T (Nm)</b>	<b><math>\eta_m</math> (%)</b>
0	0	0	0	0
236	70	35.089	1.421	50.13
282	78	48.765	1.652	59.43
330	86	65.688	1.988	76.13
386	97	76	1.856	77.32
434	109	65.663	1.446	60.24
487	114	65.694	1.289	57.63

***Tabel 4.11 Data Perhitungan Unjuk Kerja motor Brush DC pada pembebanan lampu 35 Watt***

<b>n (rpm)</b>	<b>P in (watt)</b>	<b>w out (watt)</b>	<b>T (Nm)</b>	<b><math>\eta_m</math> (%)</b>
0	0	0	0	0
238	65.5	36.696	1.473	56.025
283	82	52.653	1.778	64.211
328	93.7	66.786	1.945	71.276
378	103	72.545	1.890	70.432
430	120	72.122	1.602	60.102
483	122	64.324	1.272	52.725
536	132	67.848	1.209	51.400
580	146	67.087	1.105	45.950
611	152	52.041	0.814	34.237

***Tabel 4.12 Data Perhitungan Unjuk Kerja motor Brushless DC pada pembebanan lampu 35 Watt***

<b>n (rpm)</b>	<b>P in (watt)</b>	<b>w out (watt)</b>	<b>T (Nm)</b>	<b><math>\eta_m</math> (%)</b>
0	0	0	0	0
230	75	35.041	1.456	46.721
284	80.2	56.022	1.885	69.852
332	85.8	71.463	2.057	83.290
384	98	76.327	1.899	77.884
428	107.8	69.000	1.540	64.007
487	118	66.520	1.305	56.373

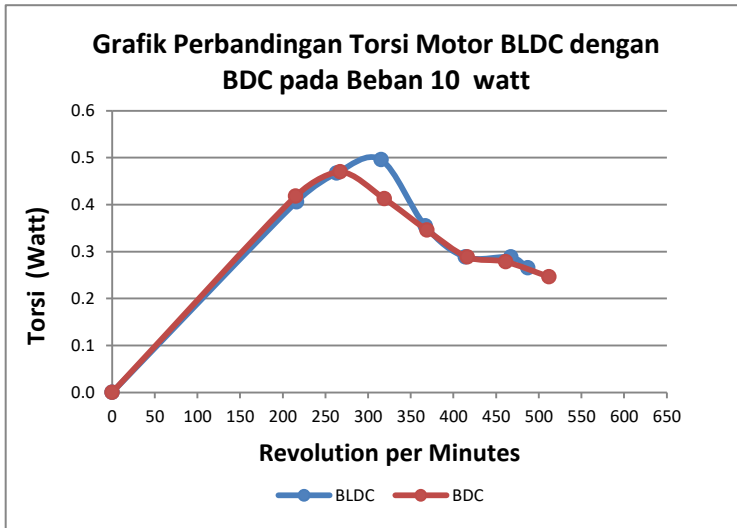
Dari data tersebut kemudian divisualisasikan dengan menggunakan sebuah grafik serta dibandingkan performa dari kedua jenis motor.

#### **4.4 Perbandingan Unjuk Kerja**

Perbandingan unjuk motor dimaksudkan membandingkan unjuk kerja motor brushed DC dengan unjuk kerja motor brushless DC pada beban yang sama. Berikut ini unjuk kerja yang dibandingkan :

##### **4.4.1 Perbandingan Torsi**

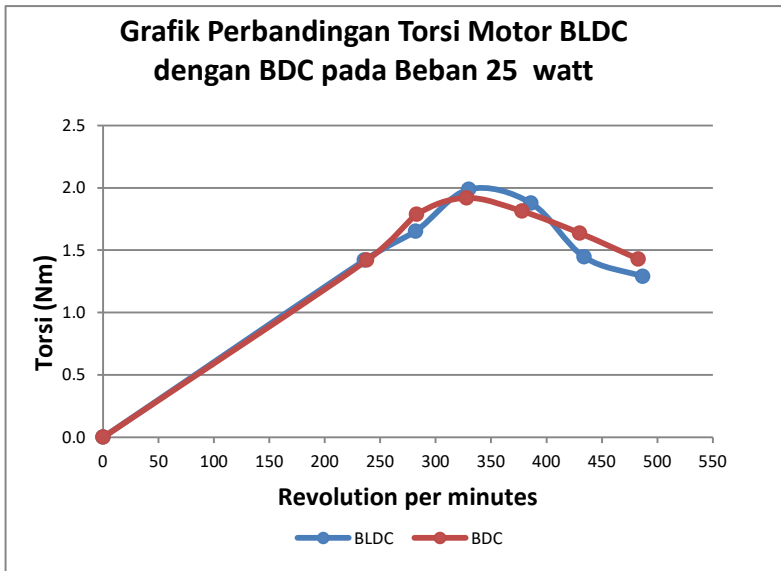
Perbandingan torsi ini dilakukan dengan membandingkan torsi dari motor ketika pada kecepatan dan beban yang sama. Pada gambar 4.1 dapat diketahui bahwasannya torsi yang dihasilkan oleh motor Brushless sebesar 0.496 Nm (pada kecepatan 315). Sedangkan motor brushed DC menghasilkan torsi sebesar 0.413 Nm (pada kecepatan 319 rpm).



***Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Torsi Motor BLDC dengan BDC pada Beban 10 watt***

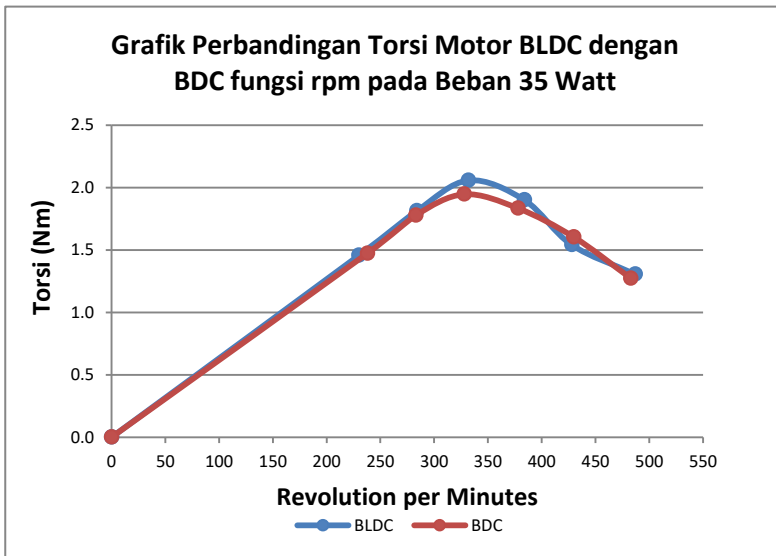
Pada beban 25 Watt dapat diketahui dari gambar 4.2, bahwa torsi yang dihasilkan motor brushless DC lebih besar dengan nilai 1,988 Nm (pada kecepatan 330 rpm) dari pada motor brushed DC yaitu sebesar 1,919 Nm (pada kecepatan 328 rpm).





***Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Torsi Motor BLDC  
dengan BDC pada Beban 25 watt***

Pada beban 35 Watt dapat diketahui dari gambar 4.3, bahwa torsi yang dihasilkan motor brushless DC lebih besar dengan nilai 2.057 Nm (pada kecepatan 328 rpm) dari pada motor brushed DC yaitu sebesar 1,945 Nm (pada kecepatan 330 rpm).

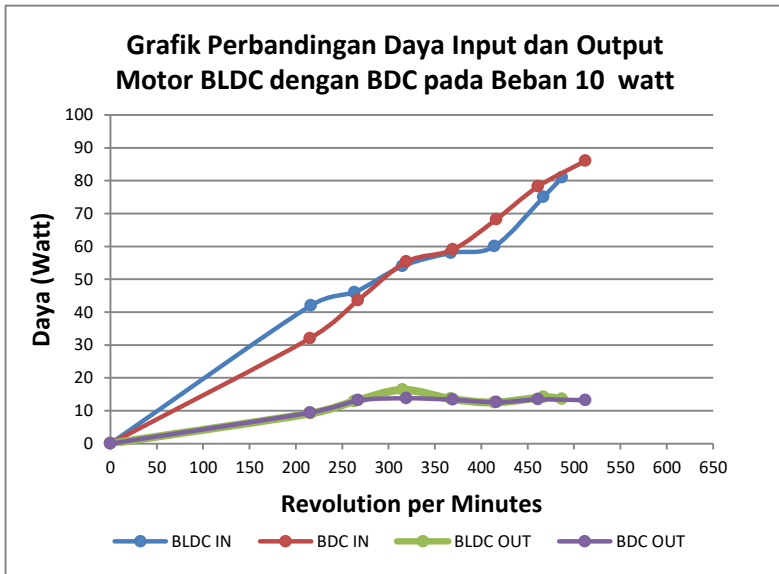


***Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Torsi Motor BLDC dengan BDC pada Beban 35 watt***

#### **4.4.2 Perbandingan Daya Input dan Daya Output**

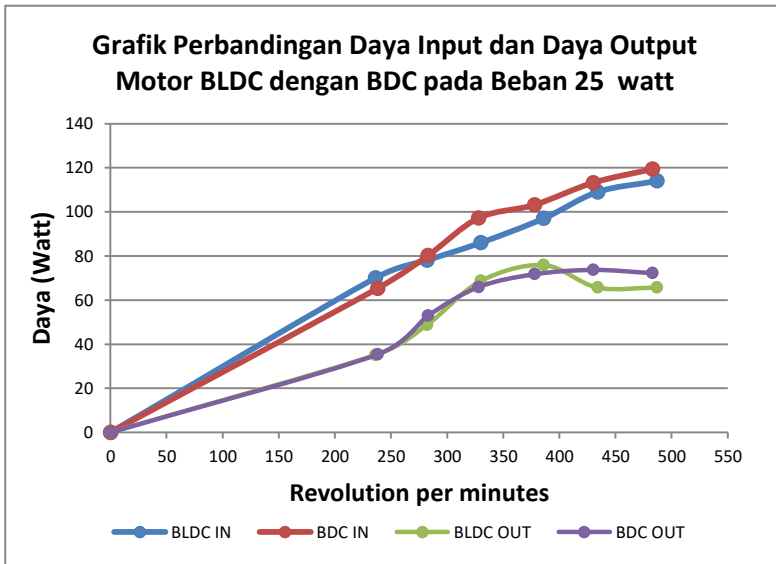
Perbandingan ini mengacu pada daya yang dibutuhkan berupa daya listrik agar mampu menghasilkan daya yang berupa daya mekanik. Semakin sedikit daya yang dibutuhkan dengan menghasilkan daya output yang relatif besar maka dapat dikatakan motor tersebut memiliki performa yang baik.

Pada gambar 4.4, dapat dilihat bahwa pada beban 10 Watt, daya terbesar yang dihasilkan motor Brushless DC lebih besar dengan nilai 16.349 Watt dengan membutuhkan daya listrik sebesar 54 Watt (pada kecepatan 315 rpm), sedangkan pada motor Brushed DC dengan daya listrik sebesar 55,3 Watt mampu menghasilkan daya terbesarnya sebesar 13.808 Watt (pada kecepatan 319 rpm).



***Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Daya Input dan Output  
Motor BLDC dengan BDC pada Beban 10 watt***

Untuk daya yang dibutuhkan pada daya output yang hampir sama terlihat bahwa motor brushed DC membutuhkan daya masukan yang lebih tinggi dibandingkan daya yang dibutuhkan oleh motor BLDC. Pada motor BLDC mampu menghasilkan daya sebesar 12.503 Watt dengan membutuhkan daya sebesar 60 Watt sedangkan motor brushed DC mampu menghasilkan daya sebesar 12.765 Watt dan dibutuhkan daya sebesar 68.2 Watt.

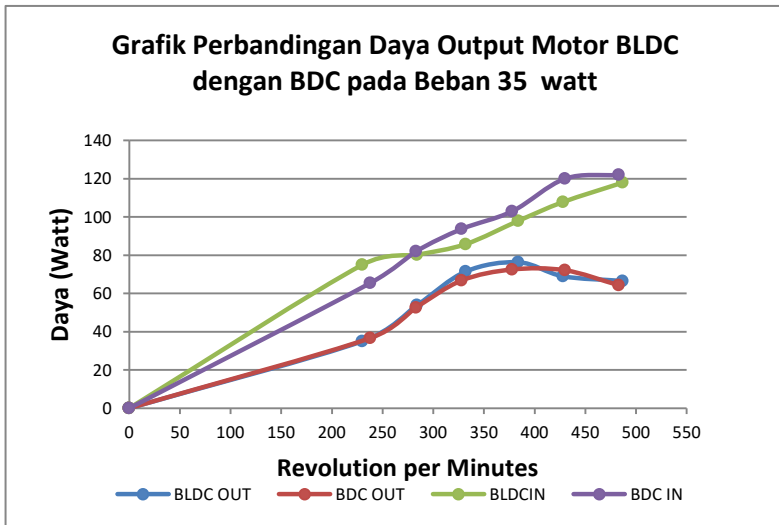


***Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Daya Input dan Output  
Motor BLDC dengan BDC pada Beban 25 watt***

Pada beban 25 Watt dapat diketahui dari gambar 4.5 bahwa daya terbesar yang dihasilkan motor Brushless DC lebih besar dari pada motor Brushed DC. Untuk BLDC mampu menghasilkan daya sebesar 76 Watt (pada kecepatan 386 rpm), sedangkan pada motor Brushed DC mampu menghasilkan daya sebesar 73.673 Watt (pada kecepatan 430 rpm).

Untuk daya yang dibutuhkan pada daya output yang hampir sama terlihat bahwa motor brushless DC membutuhkan daya listrik yang lebih besar ketika di putaran awal dengan daya output yang hampir sama, namun ketika melaju ke putaran yang lebih tinggi motor brushed DC membutuhkan daya masukan yang lebih tinggi dibandingkan daya yang dibutuhkan oleh motor BLDC. Pada motor BLDC ketika menghasilkan daya sebesar 76

Watt, motor ini membutuhkan daya sebesar 97 Watt sedangkan motor brushed DC ketika menghasilkan daya sebesar 73,673 Watt dibutuhkan daya sebesar 113,2 Watt.

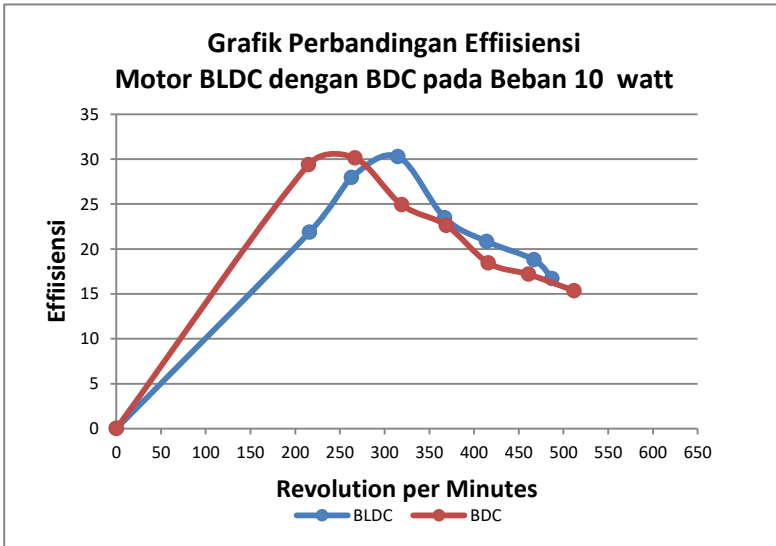


***Grafik 4.6 Perbandingan Daya Output dan Input Motor BLDC dengan BDC pada Beban 35 watt***

Pada beban 35 Watt dapat diketahui dari gambar 4.6 bahwa daya terbesar yang dihasilkan motor Brushless DC lebih besar dari pada motor brushed DC. Untuk BLDC pada daya input 80,2 Watt, mampu menghasilkan daya sebesar 53,892 Watt (pada kecepatan 284 rpm), sedangkan pada motor brushed DC pada daya input 82 Watt, mampu menghasilkan daya sebesar 52,653 Watt (pada kecepatan 283 rpm).

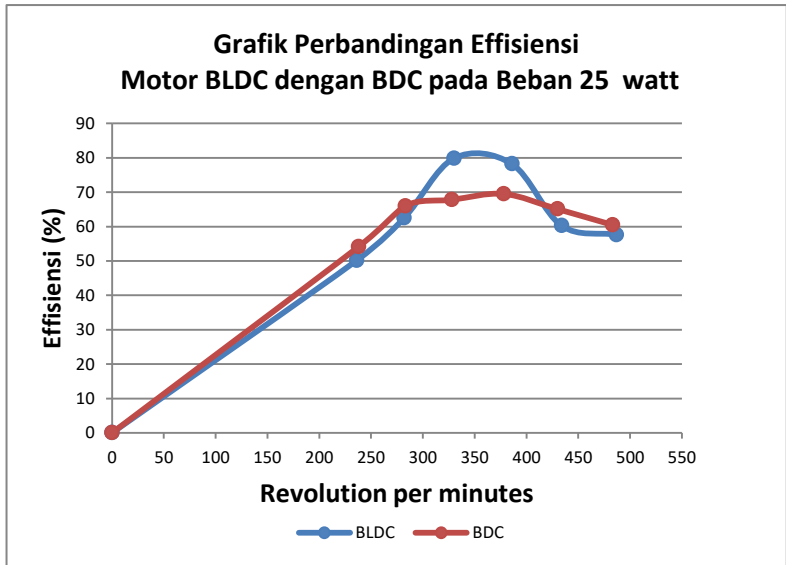
#### 4.4.3 Perbandingan Effisiensi

Perbandingan efisiensi dimaksudkan membandingkan daya berguna yang telah dikonfersikan oleh kedua jenis motor listrik. Sehingga semakin besar efisiensi dari motor bisa dikatakan bahwa performa motor tersebut lebih bagus.



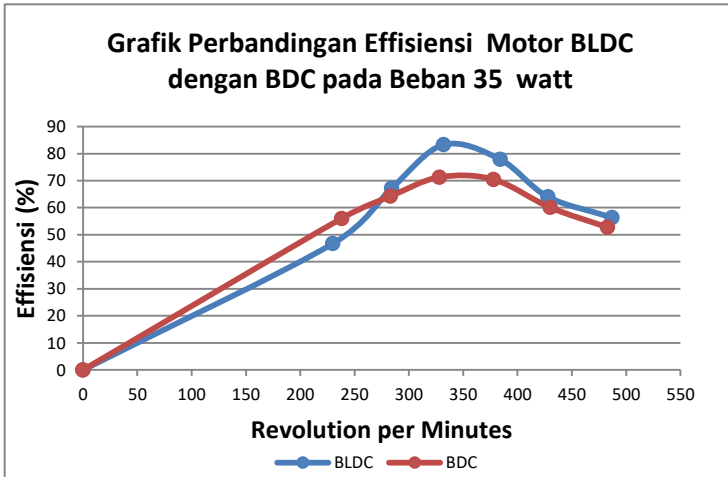
***Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Effisiensi  
BLDC dengan BDC pada Beban 10 watt***

Pada gambar 4.7 dapat diketahui pada pembebanan 10 Watt, efisiensi terbaik dari kedua motor hampir sama. Untuk motor BLDC memiliki efisiensi tertinggi 30,27 % pada kecepatan 315 rpm dan memiliki torsi sebesar 0,496 Nm. Untuk motor brushed DC memiliki efisiensi tertinggi 30,121 % pada kecepatan 267 rpm dengan torsi 0,47 Nm.



***Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Effisiensi BLDC dengan BDC pada Beban 25 watt***

Pada pembebanan 25 Watt, efisiensi motor BLDC lebih tinggi daripada motor brushed DC. Untuk motor BLDC memiliki efisiensi tertinggi sebesar 79,85% pada kecepatan 330 rpm dengan torsi sebesar 1,988 Nm. Sedangkan untuk motor brushed dc memiliki efisiensi tertinggi sebesar 69,49 % pada kecepatan 378 rpm dengan torsi 1,813 Nm.



***Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Effisiensi BLDC dengan BDC pada Beban 35 watt***

Pada pembebanan 35 Watt, efisiensi motor BLDC lebih tinggi dari pada motor brushed DC. Untuk motor BLDC memiliki efisiensi tertinggi sebesar 83,29 % pada kecepatan 332 rpm dengan torsi sebesar 2,057 Nm. Sedangkan untuk motor brushed dc memiliki efisiensi tertinggi sebesar 71,276 % pada kecepatan 328 rpm dengan torsi 1,945 Nm.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan terkait dengan perbandingan performa motor BLDC dengan motor *brushed* DC serta karakteristik tiap – tiap motor pada mobil NOGOGENI. berikut ini kesimpulan yang dapat diambil :

1. Efisiensi terbaik kedua motor tersebut terjadi pada pembebanan 35 Watt.
2. Pada motor BLDC memiliki efisiensi terbaik sebesar 83,29%, dengan menghasilkan daya sebesar 66,786 Watt pada kecepatan 332 rpm dan torsi 20,565 Nm
3. Pada motor BDC memiliki efisiensi terbaik sebesar 71,276% dengan menghasilkan daya sebesar 71,46 Watt pada kecepatan 328 rpm dan torsi 19,453 Nm
4. Pada kecepatan rendah ( sekitar 280 rpm ke bawah ) motor brush DC memiliki efisiensi lebih tinggi dari pada motor brushless DC namun seiring meningkatnya kecepatan ( sekitar 330 rpm), efisiensi motor BLDC meningkat hingga lebih tinggi dari pada motor brushed DC.
5. Peningkatan efisiensi pada motor brush DC terjadi ketika kecepatan ditingkatkan sampai  $\pm 300 - 380$  rpm, effisiensinya turun ketika meningkatkan kecepatannya lebih besar lagi. Hal ini berlaku ketika pembebanan 25 Watt dan 35 Watt. Ketika Pembebanan 10 Watt, peningkatan efisiensi terjadi ketika kecepatan meningkat hingga  $\pm 267$  rpm, dan selanjutnya akan

turun ketika meningkatkan kecepatannya lebih besar lagi

6. Pada Motor brushless DC, peningkatan efisiensi terjadi ketika kecepatan meningkat hingga  $\pm 300 - 333$  rpm, hal ini berlaku di setiap pembebanan. Dan efisiensinya akan turun ketika kecepatannya ditingkatkan lebih besar lagi.

## 5.2 Saran

Dalam penelitian ini masih banyak hal yang harus dikembangkan untuk mendapatkan hasil lebih baik pada penelitian selanjutnya. Oleh karena itu di berikan saran-saran sebagai berikut ini :

1. Ketahui spesifikasi dari generator dan juga transmisi yang digunakan agar hasil yang dicapai lebih akurat.
2. Sebelum pengujian cek segala komponen termasuk tegangan baterai serta wiring agar tidak terjadinya kerugian
3. Jika menggunakan transmisi jenis *chain and sprocket*, gunakan *sprocket* dengan *rasio* sama dengan satu. Agar putaran dari motor sama dengan putaran pada generator.

## DAFTAR PUSTAKA

1. <https://www.quora.com/Which-is-better-for-e-bike-a-BLDC-Outrunner-or-Hub-motor>
2. Yuniarto, Muhammad Nur dkk. 2014 *Perancangan dan Uji Performa Axial Flux Permanent Magnet Coreless Brushless Direct Current Motor*. Jurnal Teknik POMITS Vol. 1, No 1
3. <https://petrikbike.wordpress.com/2016/05/19/cara-memperbaiki-sepeda-listrik/hall-sensor>
4. <https://onexperience.wordpress.com/2016/09/04/blog-post-title/>
5. Hanselman, Duane 2006. *Brushless permanent magnet motor design*, 2<sup>nd</sup> Edition, USA
6. <https://www.gilangajip.com/perbedaan-brushed-dan-brushless-motor-rc/>
7. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/magnetic/motdc.html>
8. <https://crizkydwi.wordpress.com/2014/11/05/motor-dc-dan-generator-dc/>
9. P. C. Krause, O. Wasynczuk, and S. D. Sudhuff, 1995 *Analysis of Electric Machinery*, IEEE Press.
10. Condit, Reston, 2004. *Brushed DC Motor Fundamentals*. Microchip Technology.
11. <http://www.focusappliedtechnologies.com/inst.html>

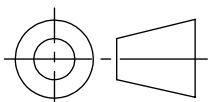
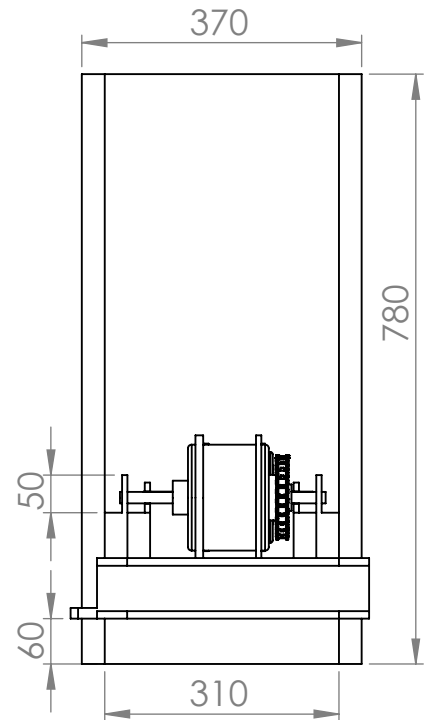
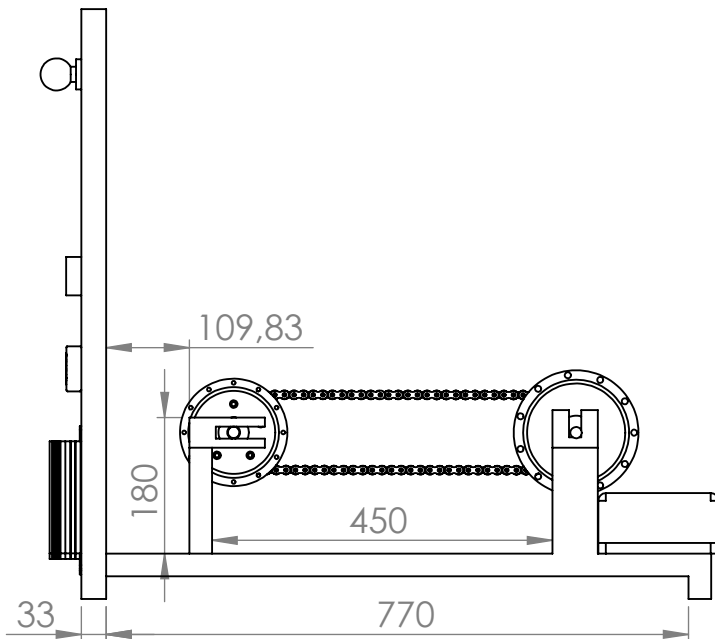
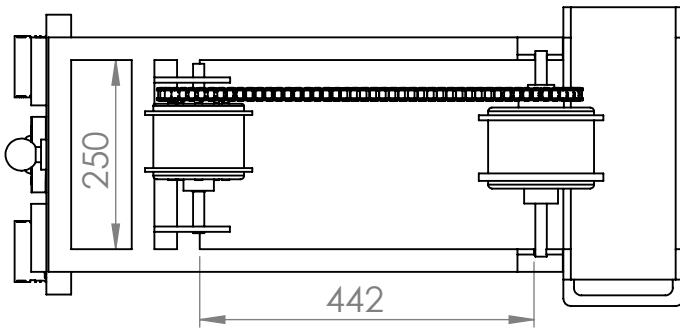
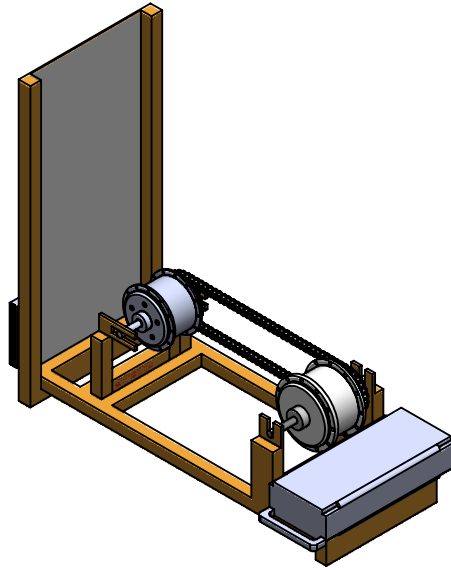
12. <http://invt-acdrive.blogspot.co.id/2015/12/invt-gd800-series-industrial-drives.html>
13. Abidin,Zainal, *Pengujian Performance Motor Listrik AC 3 Fasa dengan Daya 3 HP Menggunakan Pembebanan Generator Listrik*. Jurnal Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasim Semarang.
14. Santoso,Budi dkk. 2015. *Dinamometer Generator AC 10 KW Pengukur Unjuk Kerja Mesin Sepeda Motor 100 CC*, Jurnal Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret
15. Abidin,Zainal, *Pengujian Performance Motor Listrik AC 3 Fasa dengan Daya 3 HP Menggunakan Pembebanan Generator Listrik*. Jurnal Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasim Semarang.

## LAMPIRAN

Tabel spesifikasi *Tachometer* yang digunakan :

Time base	Quartz crystal 4,9152MHz
Display	Reversible 5 digit 0,6" (16 mm) LCD display
Laser light source	Less than 1 mW; Class 2 red laser diode (645 nm approx)
Detecting distance	2 to 79" (50 to 2000 mm) depending on ambient light and rpm
Memory	Last reading and MIN/MAX readings
Operating condition	32° F 'till 122° F; RH 80 % max
Power supply	4 x 1,5 Volt AA batteries
Power consumption	24 mA DC approx. (>100 hours continuous use)
Weight	300 gram (include battery)
Size	(210 x 80 x 50) mm
Accessories	(4) 1,5 Volt batteries, relative tape 24" (600 mm), (10 surface speed) and (20 rpm rotating attachment and carrying case)
Patent notice	U.S Patent 7,111,981





SKALA :1:10

SATUAN :mm

TANGGAL:9-5-2017

DIGAMBAR:RIZKY AKBAR DWI A.

NRP :2114030091

DILIHAT :DEDY Z.N, ST.,MT.,PhD

PERINGATAN:

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
INDUSTRI

DESAIN ALAT PENGUJIAN

A4

## BIODATA PENULIS



Penulis merupakan anak ke dua dari tiga bersaudara yang dilahirkan pada tanggal 3 april 1995 di Lumajang, Jawa Timur. Pendidikan formal yang pernah ditempuh meliputi SDN 1 Yosowilangun kidul, SMPN 1 Yosowilangun, dan SMKN 1 Lumajang dengan bidang studi Kimia Industri. Setelah itu penulis meneruskan pendidikan tingkat perguruan tinggi di Departemen

Teknik Mesin Industri FV-ITS pada tahun 2014 dan mengambil bidang studi Konversi Energi. Selama masa pendidikan baik di perkuliahan penulis aktif di beberapa kegiatan organisasi dan mengikuti pelatihan-pelatihan di Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS, seperti Pelatihan Jurnalistik Tingkat Dasar (PJTD), Pelatihan Karya Tulis Ilmiah (PKTI), dan Latihan Kepemimpinan Manajemen Mahasiswa Pra Tingkat Dasar (LKMM Pra-TD) dan juga Latihan Kepemimpinan Manajemen Mahasiswa Tingkat Dasar . Penulis juga pernah menjadi Divisi *Elektrical and Propulsion System* Nogogeni ITS Team. Penulis juga pernah melakukan kerja praktek di PT. Supra Surya Indonesia yang bertempat di Sidoarjo, Jawa Timur.